

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Návrh progresivní technologie výroby pístu

Proposal of Production Advanced Technology of Pistons

Student: Klein Tomáš
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Adamec Jaromír, Ph.D.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....
Podpis studenta

Prohlašuji že

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se úplně vztahuje zákon č.121/2000 Sb.- autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola banská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové (bakalářské) práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/ 1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

Klein Tomáš

Tkalcovská 109/57

743 01 Bílovec

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KLEIN, T. Návrh progresivní technologie výroby pístu. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 41 s. Bakalářská práce, vedoucí Adamec, J.

Práce se zabývá výrobou součástí – pístu. V průběhu je nejprve charakterizován vybraný představitel - podnik MS BOLD, materiál a rozebrána stávající výroba. Stávající výroba je zavedena na několik strojů a pracovišť. Následuje rozbor navržené technologie výroby. Pro výrobu navrhovanou technologií je použito soustružnické obráběcí centrum. Soustružnické obráběcí centrum je schopno vykonat všechny operace. Výhodou je podstatné snížení výrobních časů a tím snížení nákladů na výrobu. Dále je uvedena volba nových nástrojů s určováním řezných podmínek. Na závěr jsou obě technologie technicko – ekonomicky porovnány. V příloze je uveden řídicí program pro obrábění na CNC stroji.

BACHELOR'S THESIS ANNOTATION

KLEIN, T. Progressive Technology of Piston Production Design. Ostrava: Machining and Assembly Department, The Faculty of Engineering, Technical University of Ostrava, 2009, 41 p. Bachelor's Thesis, head: Adamec, J.

This thesis deals with part production - piston. The sample representative – MS BOLD company, material and current production are described. The current production is related to several machines and workstations. This part is followed by the designed production technology analysis. A turnery machining center is used for the designed technology production. A turnery machining center can perform all operations. The advantage is substantial production time reduction leading to reducing the costs of production. In the next section new tools with cutting conditions definition are described. Finally both technologies are compared from technical and economical points of view. The appendix includes control program for CNC machine tool.

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratek.....	2
1. Úvod	4
2. Stávající technologie výroby pístu.....	5
2.1 Charakteristika podniku MS BOLD a.s.....	5
2.2 Charakteristika oceli 14 220.3	5
2.3 Rozbor stávající výroby pístu	6
2.3.1 Technologický postup.....	7
2.3.2 Výrobní stroje	8
2.3.3 Použité nástroje.....	10
2.3.4 Řezné podmínky	10
3. Programování NC obráběcích strojů.....	11
3.1 Číslicově řídicí systém.....	11
3.2 Rozdělení programování podle stupně automatizace zpracování vstupních dat	11
3.3 Řídicí NC program	11
3.4 Struktura NC programu	12
4. Návrh nové technologie výroby pístu na CNC stroji.....	13
4.1 Rozbor navržené výroby.....	13
4.2 Technologický postup.....	13
4.3 Výrobní stroj.....	14
4.4 Řídicí systém pro řízení stroje SP 180.....	15
4.5 Použité nástroje.....	16
4.6 Řezné podmínky	24
5. Zpracování řídicího programu pro obrábění na CNC stroji.....	25
6. Technicko – ekonomické porovnání stávající a navržené technologie obrábění	29
6.1 Ekonomické uplatnění NC strojů ve výrobě.....	29
6.2 Oblast porovnávání	30
6.3 Stanovení spotřeby časů	30
6.4 Cenové sazby výroby.....	30
6.5 Náklady na výrobu porovnávaných operací jednoho kusu.....	31
6.6 Náklady na výrobu porovnávaných operací výrobní dávky	33
6.7 Náklady na výrobu porovnávaných operací roční výroby.....	34
6.8 Grafické porovnání stávající a navržené technologie obrábění.....	36
7. Závěr	37
Použitá literatura	38
Elektronické zdroje	38

Seznam použitých symbolů a zkratek

značka	popis	jednotky
(F)	frézka	
(S)	soustruh	
(V)	vrtačka	
a_p	hloubka řezu	mm
C	rotační osa	
CAD	Computer Aided Design - počítačová podpora konstruování	
CAM	Computer Aided Manufacturing - počítačová podpora výroby	
CIM	Chartered Institute of Marketing – kvalifikovaný institut marketingu	
CNC	Computerized Numerical Control - číslíkové řízení počítačem	
D	korekce	mm
D_c	celkový průměr	mm
DS	druhá strana	
DV	výrobní dávka	ks
f	posuv za otáčku	mm
f_z	posuv na zub	mm
F	posuvová funkce	
G	dráhová podmínka	
HB	tvrdost podle Brinella	
HD	Hard Disc	
HRC	tvrdost podle Rockwella	
ISO	International Organization for Standardization - Mezinárodní organizace pro normalizaci	
k_0	součinitel obrobiteľnosti	
L	určování souřadnic	
M	pomocné funkce	
MS	minutová sazba stroje	Kč
n	otáčky	
NC	Numerical Control - číslíkové řízení	
NT	navrhovaná technologie	
N_T	náklady na výrobu jednoho kusu	Kč
N_{VD}	náklady na výrobu výrobní dávky	Kč
\varnothing	průměr	mm
PC	personal pomputer - osobní počítač	
PD	počet výrobních dávek za rok	
PS	první strana	
Ra	střední aritmetická úchylka profilu	μm
RO	rychlořezná ocel	
Rz	největší výška profilu	μm
S	otáčková funkce	
ST	stávající technologie	
š	šířka	mm
T	nástrojová funkce	
t_{AC}	jednicový čas	min
t_{BC}	dávkový čas	min
t_{RV}	spotřeba času k roční výrobě	min
t_{VD}	spotřeba času k výrobě výrobní dávky	min
t_{VK}	spotřeba času k výrobě jednoho kusu	min
U_N	úspora nákladu na výrobu jednoho kusu	Kč

U_{NR}	úspora nákladu na roční výrobu	Kč
U_{NVD}	úspora nákladů na výrobní dávku	Kč
U_R	úspora spotřeby času na roční výrobu	Kč
U_{VD}	úspora spotřeby času k výrobě výrobní dávky	Kč
U_{VK}	úspora spotřeby času k výrobě jednoho kusu	Kč
V.P.	výrobní postup	
VBD	vyměnitelná břitová destička	
v_c	řezná rychlost	$m.min^{-1}$
v_f	rychlost posuvu	$mm.min^{-1}$
ZM	zmetky	
χ	úhel nastavení	°

1. Úvod

Vyvíjení počítačové techniky přispělo i ve strojírenství k zásadnímu pokroku. Ve spojení obráběcích strojů a počítačové techniky, vznikly číslíkově řízené stroje pracující na základě předem připravených technologických NC programů. Z vývojem číslíkově řízených strojů došlo k novým možnostem ve způsobu technologie výroby, které umožňují obrábění tvarově složitých součástí, jejichž výroba v době konvenčních obráběcích strojů nebyla možná nebo byla obtížná a závislá na používání více jednoúčelových strojů, přípravků a někdy i na zručnosti obsluhy. Použití číslíkově řízených obráběcích strojů a pokrokového, nástrojového vybavení zvyšuje produktivitu práce, přesnost a snižuje jednicové náklady a tím přispívá k rychlejšímu návratu finančních investic.

Práce se zabývá výrobou součástí – pístu. V průběhu je nejprve charakterizován vybraný představitel - podnik MS BOLD, materiál a rozebrána stávající výroba. Rozbor stávající výroby obsahuje technologický postup, použité stroje, nástroje a jejich řezné podmínky. Následuje rozbor navržené technologie výroby, která se zabývá převedením operací vykonávaných u stávající strategie na různých výrobních strojích i pracovištích na soustružnické obráběcí centrum, volbou nových nástrojů s určováním řezných podmínek. Na závěr jsou obě technologie technicko – ekonomicky porovnány a výsledky porovnání graficky zpracovány.

2. Stávající technologie výroby pístu

2.1 Charakteristika podniku MS BOLD a.s

MS BOLD a.s je zavedenou společností, která působí v severomoravském regionu od roku 1997 a zaměřuje se na oblast strojírenské výroby.

Firma navázala na armaturářskou tradici regionu a soustředila se převážně na opracovávání dílců průmyslových armatur pro tuzemské i zahraniční zákazníky.

Za dobu existence společnosti došlo k výraznému rozšíření spektra výrobků a kromě výroby komponentů k armaturám se zaměřuje také na zpracování atypických dílců dle dodané výkresové dokumentace, výrobu pevnostních šroubů, zámečnické práce, svařování konstrukcí a zakružování plechů. [11]

2.2 Charakteristika oceli 14 220.3

Srovnatelná ocel:

DIN – 16 MnCr 5; W.Nr. – 1.7131

Charakteristika a vhodnost použití oceli 14 220:

Ocel je dobře tvařitelná za tepla, po žhání na měkko i za studena a je dobře obrobitelná /pro hladké obrábění se doporučuje ocel zušlechtěná na pevnost 690 až 880 MPa. Je vhodná pro strojní součásti k cementování s velmi tvrdou cementovanou vrstvou s velkou pevností v jádře po kalení, jako jsou např. menší hřídele, ozubená kola, šneky ozubené věnce, pastorky, váčkové hřídele, váčkové kotouče, včetně obráběcích strojů, vodící a pístní čepy, zdviháky ventilů, pouzdra, kardanové kříže, kladky, vidličky, objímky, brzdové talíře, křížové čepy, zubové spojky, tvarové vložky forem, upínací nářadí, trny atd. [8]

Chemické složení oceli 14 220:

tab. 2.1 chemické složení oceli 14 220

chemický prvek:	C	Mn	Si	Cr	P	S
chemické složení [%]	0,14	1,1	0,17	0,8	max.	max.
	0,19	1,4	0,37	1,1	0,035	0,035

Obrobitelnost oceli 14 220:

tab. 2.2 Obrobitelnost oceli 14 220

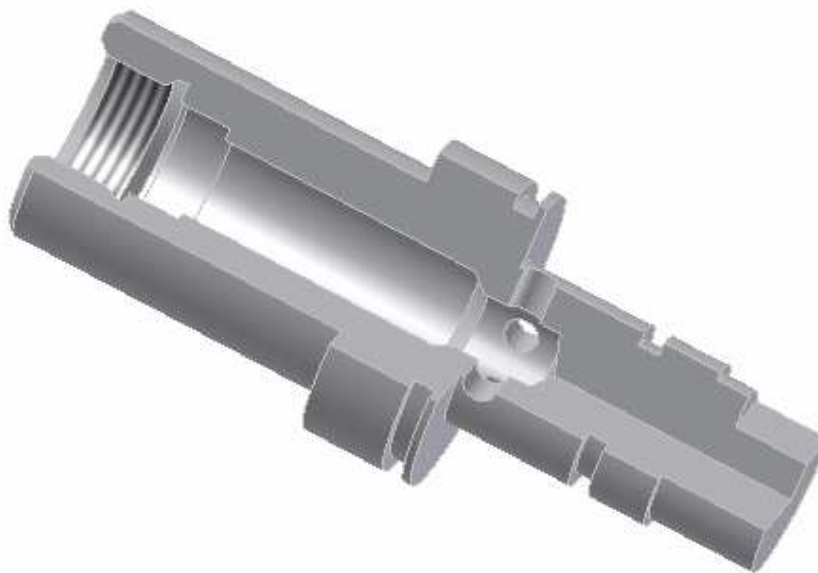
výrobek	stav	pevnost Rm [MPa]	tvrdost HB do	součinitel obrobitelnosti k_0	
				soustružení, hoblování	frézování, vrtání
tyč	.3	640	197	14b	14b

Při volbě nových nástrojů vycházím ze skupiny obrobitelnosti materiálu DIN – 16 MnCr 5 podle katalogu WALTER. [9]

2.3 Rozbor stávající výroby pístu

Stávající výroba součásti je zavedena v šesti operacích na čtyřech výrobních strojích, z nichž je na třech obráběcích strojích vykonáván proces obrábění. Píst prochází obráběcími operacemi – soustružení, vrtání a frézování. Jednotlivé operace jsou rozloženy na různá pracoviště.

Podle obdrženého výkresu 3–004–307 (viz příloha) od firmy MS BOLD byl vytvořen 3D model ve tříčtvrtečním řezu v programu Autodesk Inventor Profesional 2008 (obr. 2.1).



obr. 2.1 Model pístu ve tříčtvrtečním řezu

2.3.1 Technologický postup

tab. 2.3 Technologický postup stávající technologie výroby

MS BOLT			TECHNOLOGICKÝ POSTUP			Číslo V.P.					
			Číslo výkresu 3 – 004 - 307			Název: HRD Ventil (Píst)					
Popis součástí						ISO		DIN		ČSN	
Značka mat. 14 220.3			Rozměr přřezu L = 93			Popis mat. Ø 38		Poznámka: mzda		Počet ks. na V.D. 300 ks	
Číslo op.	Číslo pracoviště	Praco vní třída	Norma času		PRÁCE	Atest .	tavba	Počet listů: 1			
			ta	tb				Číslo listů: 1			
1.	222	33	2´	5´	Upnout; řezat kulatinu Ø 38 L = 93; odjehlít; kontrola rozměru a opracování.						
Datum:		Počet dobrých ks:			Operaci provedl a zkontroloval:				Počet ZM:		
2.	354	33	1,8´	70´	Upnout; zarovnat čelo; soustružit Ø 36h7 L = 51,5; soustružit Ø 20h7 L = 38; soustružit Ø 18 L = 13; soustružit zápich š = 2,5 do Ø 32,4 L = 41,5 od čela; soustružit zápich š = 2,5 do Ø 16,5 L = 22,5 od čela; upíchnout L = 91,5; vše s drsnosti opracování 1,6; odjehlít; kontrola rozměrů a opracování.						
Datum:		Počet dobrých ks:			Operaci provedl a zkontroloval:				Počet ZM:		
3.	354	33	3,5´	70´	Upnout do měkkých čelisti za Ø36h7; zarovnat čelo L = 91; soustružit Ø 28 L = 39,5; srazit hranu na čele 45° L = 1; vrtat Ø 10 L = 60; soustružit otvor Ø 13,9 ^{+0,2} L = 48,5; soustružit otvor Ø 17 ^{+0,2} L = 17,2; soustružit otvor Ø 20,5 ^{+0,2} L = 11; srazit hranu otvoru na čele 45° L = 1 (náběh závitů)srazit hranu otvoru na čele 45° z Ø13,9 do Ø 10; soustružit v otvoru zápich š = 1 do Ø 22,5 L = 11 od čela; srazit hranu 45° z Ø 20,5 do Ø 22,5 (výběh závitů); drsnost opracování dle výkresu; vyřezat závit M22x1,5 L = 10; odjehlít; kontrola rozměrů a opracování.						
Datum:		Počet dobrých ks:			Operaci provedl:				Počet ZM:		
4.	464	23	6´	20´	Rýsovat a značit 2x otvor Ø 4 L = 35,5 od čela na Ø 20h7 o 90°; upnout do měkkých čelistí za Ø 36h7 POZOR NEOTLAČIT ; vrtat na označenem otvoru 2x Ø 4 L = 20 (skrz); odjehlít otvory a vyfoukat od třísek; kontrola rozměrů a opracování.						
Datum:		Počet dobrých ks:			Operaci provedl:				Počet ZM:		

tab. 2.4 Parametry číslicově řízeného soustruhu YCM GT250A

Parametry stroje		Revolverová hlava	
oběžný průměr nad ložem	550 mm	množství nástrojů	12
max. otočný průměr	350 mm	velikost nástroje	25 mm / Ø40 mm
max. otočný průměr	560 mm	posuvy	
vřeteno		rychloposuv	X: 787 ipm, Z: 945 ipm
průměr upínacího pouzdra	203 mm	osa X / osa Z	4 koně
koňská síla	14,7 kW	hlavní	
typ vřetena	A2-6	výkon	30kW
díra skrz	62 mm	nádrž chladicí kapaliny	128,7 l
max. otáčky	4500	hmotnost	4 700 kg
krouťící síla	34.4 kgm		
pojezdy			
osa X	195 mm		
osa Y	560 mm		

Frézka svislá FA 4V (obr. 2.3)



obr. 2.3 Výrobní stroj stávající technologie výroby pro operaci frézování

Vrtačka radiální VR 4 (obr. 2.4)



obr. 2.4 Výrobní stroj stávající technologie výroby pro operaci vrtání

2.3.3 Použité nástroje

tab. 2.5 Použité nástroje stávající výroby

úkon	výrobce	řezný materiál	VBD (nástroj)	držák, upínání	planžeta
vnější hrubování	pramet	6010	CNMG 090308E - M	PCLNL2525 M 12	-
vnější hlazení	pramet	6010	VCMT 110304E - UM	SVXCL 2525 M 16-M-A	-
vnější zap.	pramet	6640	LFMX 2.00-0.16 SN - M2	32 - DU 2523	XLCFN 3201 M 2.00
vnitřní uběrání	-	RO	-	-	-
vnitřní zapichování	-	RO	-	-	-
vnitřní závitování	pramet	8030	TN 11NL150M	SIL 0010 K 11-1	-
vrtání	-	RO	HSS vrták Ø10mm	Frézovací halvička + kleština + redukční ouzdro	-
frézování	-	RO	čelní fréza nástrčná	upínací trn	-
vrtání	-	RO	HSS vrták Ø4mm	Frézovací halvička + kleština + redukční ouzdro	-

2.3.4 Řezné podmínky

tab. 2.6 Řezné podmínky stávající výroby

úkon	f	v_c	a_p
vnější hrubování	0,4	150	5
vnější hlazení	0,15	210	1,5
vnější zap.	0,1	130	-
vnitřní uběrání	0,07	45	1,5
vnitřní zapichování	0,05	40	-
vnitřní závitování	-	120	-
HSS vrták Ø10mm	0,13	25	-
čelní fréza nástrčná	0,3	30	4
HSS vrták Ø4mm	0,07	26	-

3. Programování NC obráběcích strojů

3.1 Číslicově řídicí systém

NC systém chápeme jako číslicové řízení, které provádí řízení na základě číslicové (číslo, znak) informace, která je do systému zadána formou NC programu na médiu. NC řídicí systémy prošly od systému první generace založených na reléových a elektronkových obvodech, přes polovodiče první generace k současné technologii založené na integrovaných obvodech a mikroprocesorech k NC systémům třetí generace – CNC. CNC systémy jsou řízené počítačem, charakteristické modulární strukturou, velkou operační pamětí i použitím disku (HD – Hard Disc) pro ukládání programů atd. Tyto systémy jsou vybaveny softwarem na vysoké úrovni, který umožňuje programování pomocí cyklů, podprogramů i dialogových režimů. [2]

3.2 Rozdělení programování podle stupně automatizace zpracování vstupních dat

1. ruční programování
2. Přímé programování CNC systému
3. Automatické (strojní) programování
4. CAD/CAM systémy => CIM [3]

3.3 Řídicí NC program

Řídicí NC program je uspořádaný rozpis jednotlivých geometrických (popisují dráhu vzhledem k obrobku) a technologických (udávají otáčky, posuvy) příkazů a dat v takové formě a posloupnosti, jak je vyžaduje software NC stroje. [3]

Každý program se skládá z bloků (vět) tj. posloupností řádků. Každý blok (věta) se skládá z jednotlivých slov. Slovo má významovou část, která udává číselnou velikost povelu (počet otáček, velikost posuvu, apod.) a adresnou část, která se označuje písmenem a vyjadřuje druh povelu jako otáčky, nástroj, posuv apod. Slova mohou být rozměrová, která slouží k určování délky souřadnic a bezrozměrová, která vyjadřují programované funkce. Význam jednotlivých adres (písmen) se řídí normou DIN 66 025. [3]

tab. 3.1 Rozdělení vybraného bloku

BLOK									
SLOVO		SLOVO		SLOVO		SLOVO		SLOVO	
N0030		G96		S200		F0,2		M3	
ČÁST		ČÁST		ČÁST		ČÁST		ČÁST	
ADRESNÁ	VÝZNAMOVÁ	ADRESNÁ	VÝZNAMOVÁ	ADRESNÁ	VÝZNAMOVÁ	ADRESNÁ	VÝZNAMOVÁ	ADRESNÁ	VÝZNAMOVÁ
N	0030	G96	96	S	200	F	0,2	M	3

Informace potřebné k řízení stroje:

L – určování souřadnic

G – dráhová podmínka

M – pomocné funkce

D – korekce

Technologické informace:

F – posuv

S – otáčky

T – nástroj

3.4 Struktura NC programu

Struktura NC programu je tvořena jednotlivými skupinami řídicích bloků (vět) a jejich obsah je závislý na konkrétním řídicím systému a NC obráběcím stroji.[3]

Členění programu:

1. Začátek programu (%)
2. Standardní věty pro daný řídicí systém a obráběcí stroj.
3. Věty pro opracování dané součásti:
 - technologické věty,
 - geometrické věty,
 - smíšené věty,
 - cykly.
4. Podprogramy – Mají stejnou strukturu jako program hlavní.
5. Konec programu. [3]

4. Návrh nové technologie výroby pístu na CNC stroji

4.1 Rozbor navržené výroby

Základní změna navrhované technologie výroby se liší od stávající technologie v převedení operací soustružení, frézování a vrtání na soustružnické obráběcí centrum, které vykoná všechny tyto operace. Počet operací se tak sníží z původních šesti na čtyři. Pro novou technologii výroby byly vybrány i nové nástroje.

4.2 Technologický postup

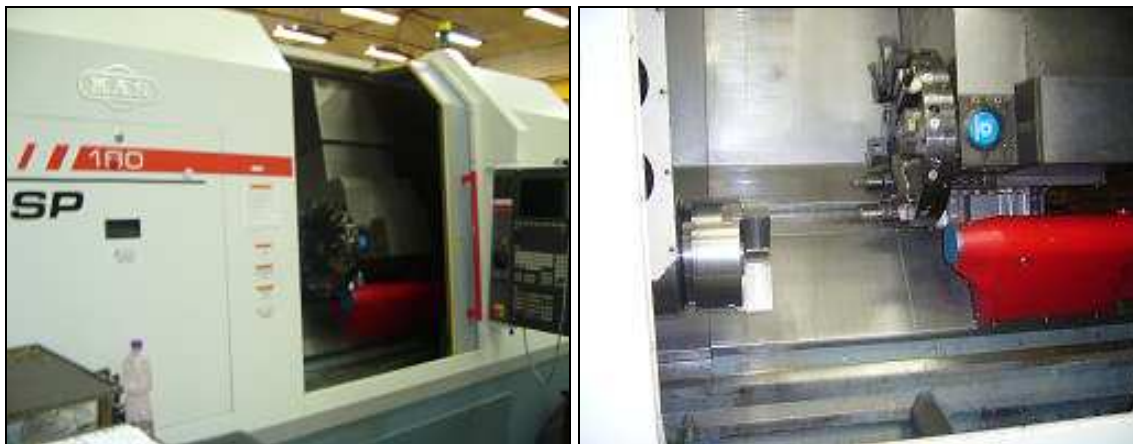
tab. 4.1 Technologický postup navrhované technologie výroby

VŠB - TUO			TECHNOLOGICKÝ POSTUP		Číslo V.P.				
			Číslo výkresu 3 – 004 - 307		Název: HRD Ventil (Píst)				
Popis součástí					ISO		DIN	ČSN	
Značka mat. 14 220.3			Rozměr přřezu L = 93		Popis mat. Ø 38		Poznámka: mzda		Počet ks. na V.P. 300 ks
Číslo op.	Číslo pracoviště	Pracovní třída	Norma času		PRÁCE	Atest .	tavba	Počet listů: 1	
			ta	tb				Číslo listů: 1	
1.	222 Pila kotoučová	33	2´	5´	Upnout; řezat kulatinu Ø 38 L = 93; odjehlit; kontrola rozměru a opracování.				
2.	X Soustruh SP 180	33	2´	90´	Soustružit dle programu: BAKALÁŘSKÁ-PRÁCE-PS				
3.	X Soustruh SP 180	33	4,9´	90´	Soustružit dle programu: BAKALÁŘSKÁ-PRÁCE-DS				
4.	942 Montér	23	0,5´	----	Vyrazit na čelo Ø 18 vyrazit materiál 14220.3; číslo tavby výrobce; kontrola ražení				
							Datum 9.3.2009	Vypracoval KLEIN	

4.3 Výrobní stroj

CNC soustruh – SP 180 (obr. 4.1)

max. Ø soustružení 180 mm, max. délka soustružení 360 mm



obr. 4.1 Výrobní stroj pro navrhovanou technologii výroby (vlevo) a jeho pracovní prostor (vpravo)

Charakteristika stroje

- Robustní základ stroje a lože dávají stroji vysokou tuhost.
- Deformace mechanických částí stroje je verifikováno numerickými metodami výpočtu
- Vřetenová jednotka umožňuje velký obráběcí výkon.
- Synchronní vestavné vřetenové motory poskytují vysokou dynamiku funkcí vřetena a výkonnou rotační osu C.
- Suporty lineárních os, těleso koníka pojíždí po valivém vedení a dávají stroji vysokou přesnost polohování a interpolovaného pohybu os.
- Tuhost tříosého provedení horního suportu zajišťuje řešení s virtuálním pohybem osy Y, který je složen interpolací reálných os X a Y' svírající úhel 30 stupňů.
- Programovatelný pohyb tělesa koníka redukuje jinak nutné zásahy obsluhy do obráběcího procesu.
- Absolutní odměřování lineárních os usnadňuje obsluhu stroje.
- Stroje splňují očekávání ve snadné obsluze včetně integrovaného dílenského programování. [12]

tab. 4.2 Základní technické parametry soustruhu SP 180 [12]

Pracovní rozsah		
Oběžný průměr nad ložem	mm	530
Max. průměr soustružení	mm	180
Max. délka soustružení A5/A6	mm	360
Vřeteno		
Řemenový náhon - A5/A6	min ⁻¹	4700
Nástrojová hlava		
Počet poloh	-	12
Průměr otvoru	mm	30
Čas polohování	s	0,18
Koník		
Kužel dutiny - MORSE	-	Mo 5
Rozměry stroje		
Délka x šířka x výška	mm	3875 x 2122 x 2345
Hmotnost	kg	7000

4.4 Řídicí systém pro řízení stroje SP 180

SINUMERIK 840D

Řídicí systém SINUMERIK 840D je digitální systém vhodný prakticky pro všechny aplikace. Vysoký stupeň modularity umožňuje rychle přizpůsobit tento systém požadavkům zákazníka. Systém SINUMERIK 840D je systémová platforma s pokrokovými funkcemi pro téměř všechny technologie. Společně s digitálním měničem SIMODRIVE 611 a PLC automatem SIMATIC S7-300 představuje systém SINUMERIK 840D kompletní digitální řešení vhodné pro složité obráběcí funkce a zároveň vykazuje vysokou úroveň dynamiky a přesnosti.[13]

4.5 Použité nástroje

Použité řezné materiály:

■ Rychlořezné oceli:

Rychlořezné oceli (RO) jsou vysocelegované nástrojové oceli, které se od ostatních druhů nástrojových ocelí liší obsahem legujících přísad a rozdílnými podmínkami tepelného zpracování. Díky tomu získávají oproti uhlíkovým a legovaným nástrojovým ocelím vyšší tvrdost a odolnost proti popouštění. Disponují rovněž poměrně vysokou pevností, a tím i příznivou houževnatostí. Tvrdost 60 – 70 HRC si udržují až do teploty 600°C. Odtud vychází i oblast využití RO. Jde především o nástroje s přesným ostřím, jako jsou protahovací nástroje, 3roubovitě vrtáky, nástroje na závity, výstružníky, frézy a tvarové soustružnické nože. Řezná rychlost se při použití těchto nástrojů pohybuje v rozsahu 20-80m/min.[4]

■ Slinuté karbidy:

Průkopníkem daného oboru byl Karel Schröter, který v roce 1923 ohřál práškový wolfram smíchaný s uhlíkem a získal tak práškový karbid wolframu mikromertické zrnitosti. Při vývoji materiálu pro průvlaky k tažení drátu zjistil, že pokud se takto vyrobený WC důkladně smíchá s malým množstvím kovu z podskupiny železo – kobalt – nikl (obsahem do 10%, rovněž ve formě jemnozrnného prášku) a vylišaný celek je ohříván na vysokou teplotu (nad 1300°C, ve vodíkové atmosféře), lze získat výrobek s nízkou pórovitostí, velmi vysokou tvrdostí a značnou pevností. Výsledný materiál je pak dokonale vytvrzen a skládá se z rovnoměrně rozptýlených tvrdých zrn WC spojených do jednoho celku houževnatým kovem (brzy bylo zjištěno, že nejvhodnějším pojícím kovem je kobalt). Průmyslovou výrobu slinutého karbidu typu WC Co rozvinula německá firma Krupp v roce 1926.[4]

Označení nástrojů pro jednotlivé úseky obrábění:

T 01 – čelo + vnější hrubování
T 02 – vnější hlazení profilu
T 03 – vnější zápichy
T 04 – vnitřní obrábění (nadvakrát předvrtané díry)
T 05 – soustružení vnitřního závitu
T 06 – vrtání Ø 10mm
T 07 – vstání Ø 14mm (vrták nabroušen na vrcholový úhel 90°)
T 08 – vrtání Ø 4mm
T 09 – frézování plošky

Výběr nástrojů:

K výběru nástrojů pro novou technologii výroby byl použit souhrnný katalog WALTER [9]. Držáky pro VBD, vrtáky budou upnuty do přípravku k revolverové hlavě, které již firma vlastní od zakoupení stroje.

Postup k optimálnímu výběru vyměnitelné břitové destičky (VBD) pro soustružení:

A) nástroji T 01, T 02, T 04:

KROK 1

■ Zařazení obráběného materiálu do skupin:

Materiálová skupina: **P**

Obráběcí skupina: **6**

KROK 2

■ Volba základního tvaru VBD (pozitivní, negativní geometrie):

Zvolena geometrie **pozitivní**.

KROK 3

■ Podmínky obrábění:

S ohledem na dobrý stav stroje a možnost kvalitního upnutí je zvolena stabilita **velmi dobrá**, řez je hladký (obr. 4.2).

Způsob záběru břitu	Stabilita stroje, upnutí a obrobní		
	velmi dobrá	dobrá	špatná
Hladký řez, hrubovaný povrch			
Litá nebo kovaná vrstva, proměnlivá hloubka řezu, lehce přerušovaný řez			
Sřadně přerušovaný řez			
Těžce přerušovaný řez			

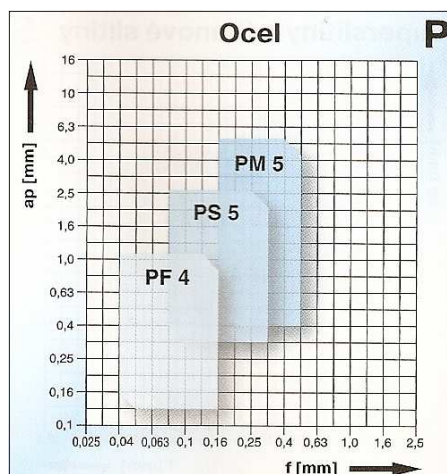
obr. 4.2 Podmínky obrábění

KROK 4

■ Geometrie břitové destičky:

Určuje se podle hloubky řezu (a_p) a posuvu (f).

Podle obr. 4.3 zvoleno **PM 5** - pro hrubování a **PS 5** - pro hlazení.



obr. 4.3 Geometrie břitové destičky

KROK 5**■ Řezný materiál:**

Podle obr. 4.4 je určen na základě geometrie VBD (KROK 4) a podmínek obrábění (KROK3) řezný materiál **WPP 10**.

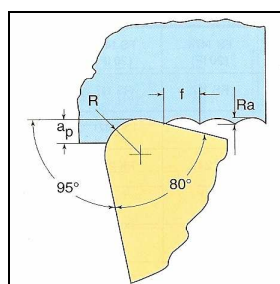
Materiálová skupina obrobku	Geometrie VBD WALTER	Podmínky obrábění		
P (1–13)	PF 4	WPP 01	WPP 10	WPP 20
	PS 5	WPP 10	WPP 20	WPP 20
	PM 5	WPP 10	WPP 20	WPP 30 / WAK 30

obr. 4.4 řezný materiál

KROK 6**■ Řezné podmínky:**

K dosažení uvedených povrchů (obr. 4.6) je nutno dodržet následující body:

1. přesné seřízení držáku ISO
2. Montáž VBD:
CNMG/CCMT a WNMG/WCMT pouze do držáku s úhlem nastavení $\chi = 95^\circ$
DNMG/DCMT pouze do držáku s úhlem nastavení $\chi = 93^\circ$
3. Uvedené kvality povrchu platí pouze pro podélné a čelní soustružení.[9]

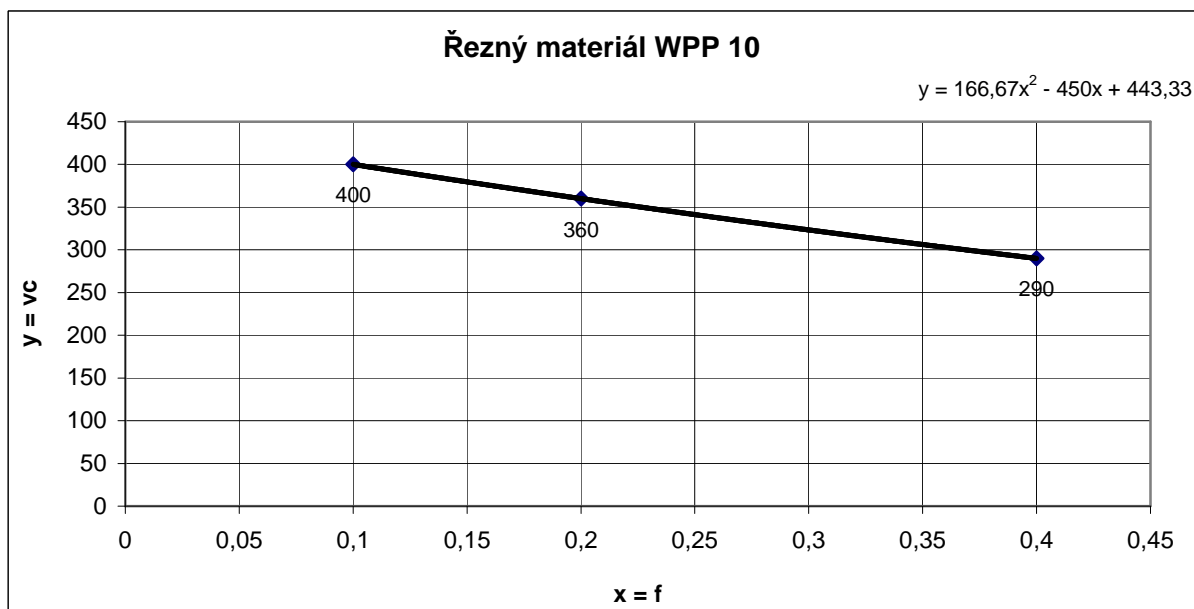


obr. 4.5 Standardní operace (VBD CCMT)

Teoretické hodnoty Ra/Rz v závislosti na posuvu a rádiu VBD							
Rádus VBD mm	Průměr kruhové VBD mm	Ra/Rz v μm					
		0,4/1,6	1,6/6,3	3,2/12,5	6,3/25	8/32	32/100
		Posuv v mm					
0,2		0,05	0,08	0,13			
0,4		0,07	0,11	0,17	0,22		
0,8		0,10	0,15	0,24	0,30	0,38	
1,2			0,19	0,29	0,37	0,47	
1,6				0,34	0,43	0,54	1,08
2,4				0,42	0,53	0,66	1,32

obr. 4.6 Dosažitelná jakost povrchu se standardním poloměrem









Z tabelových hodnot posuvu a řezné rychlosti udaných výrobcem pro obráběcí a obráběný materiál jsou vyneseny body v grafu (obr. 4.7). Těmito body je proložena polynomická spojnice trendu a z této spojnice vypsána rovnice regrese. Dosazením optimálního posuvu f podle obr. 4.6 do této rovnice se dostane požadovaná řezná rychlost pro jednotlivé posuvy. V tab. 4.3 je uvedeno rozmezí posuvů pro zvolené VBD s příslušnými řeznými rychlostmi a hloubky řezu. Z této tabulky, požadovaného parametru R_a a rovnice regrese se vycházelo u zadávání řezných podmínek v CNC programu.



obr. 4.7 Závislost řezné rychlosti na posuvu pro řezný materiál WPP 10

B) nástrojem T 03:**KROK 1****■ Zařazení obráběného materiálu do skupin:**Materiálová skupina: **P**Obráběcí skupina: **6****KROK 2****■ Podmínky obrábění:**




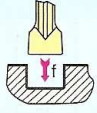
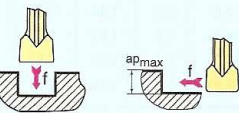
S ohledem na dobrý stav stroje a možnost kvalitního upnutí je zvolena stabilita **velmi dobrá**, řez je hladký (obr. 4.8).

Způsob záběru bříty	Stabilita stroje, upnutí a obrobku		
	velmi dobrá	dobrá	špatná
Hladký řez, hrubovaný povrch			
Litá nebo kovaná vrstva, proměnlivá hloubka řezu, lehce přerušovaný řez			
Středně přerušovaný řez			
Těžce přerušovaný řez			

obr. 4.8 Podmínky obrábění

KROK 3**■ Geometrie a řezný materiál:**

Podle obr. 4.9 je určena na základě materiálu (KROK 1) a podmínek obrábění (KROK 2) geometrie **GD 3** a řezný materiál **WAP 20**.

Druh materiálu obrobků	Způsob zapichování	Geometrie			
P (1–13)		GD 3	WAP 20	WAP 30	WXP 43
		UF 4	WAP 20	WAP 30	WXP 43

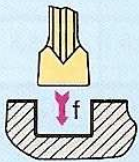
obr. 4.9 Geometrie a řezný materiál

KROK 4**■ Řezné podmínky:**

Řezné podmínky jsou určeny na základě předchozích tří bodů.

Šířka zápichu je 2,5 mm

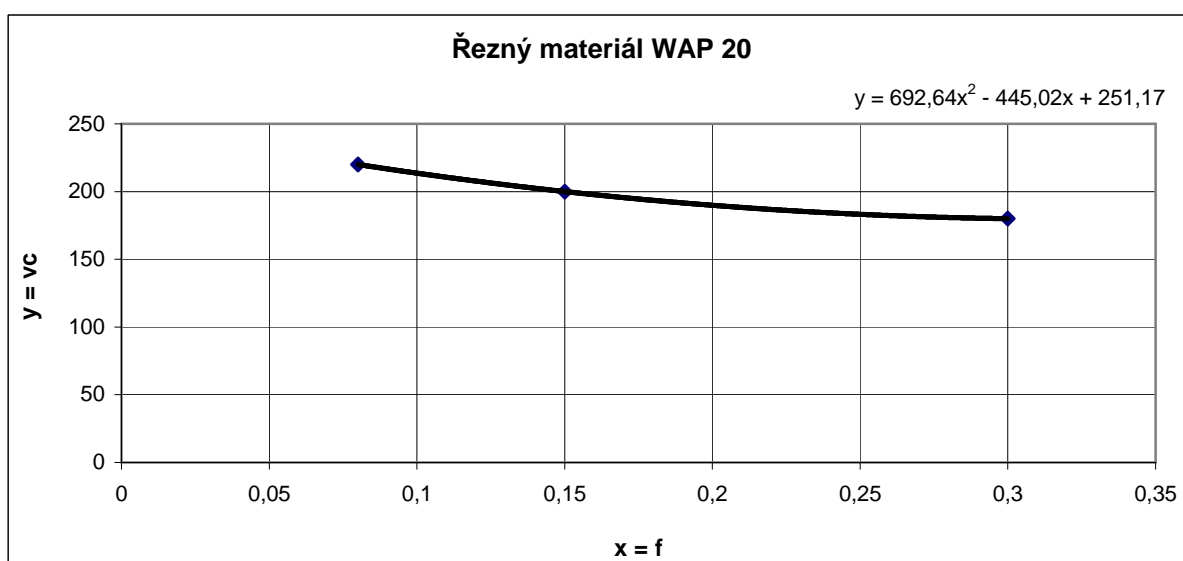
Posuv f (obr. 4.10)

Posuv f [mm]			
Geometrie	šířka zápichu [mm]	$a_{p_{max}}$ [mm]	f [mm]
GD 3 	2–3,5		0,01–0,15
	4		0,05–0,25
	5–6		0,10–0,30

obr. 4.10 Posuv f

Nižší hranice posuvu je omezena materiálem VBD WAP 20 na 0,08mm.

Z tabelových hodnot posuvu a řezné rychlosti udaných výrobcem pro obráběcí a obráběný materiál jsou vyneseny body v grafu (obr. 4.11). Těmito body je proložena polynomičká spojnice trendu a z této spojnice vypsána rovnice regrese. Dosazením optimálního posuvu f do této rovnice se dostane požadovaná řezná rychlost pro jednotlivé posuvy. V tab. 4.3 je uvedeno doporučené rozmezí posuvů pro zvolenou VBD s příslušným rozmezím řezných rychlostí. Z této tabulky a rovnice regrese se vycházelo u zadávání řezných podmínek v CNC programu.



obr. 4.11 Závislost řezné rychlosti na posuvu pro řezný materiál WAP 20

C) nástrojem T 05:

U řezání závitu na materiálu polotovaru **P** je nabízen katalogem Walter pouze jeden typ materiálu VBD a to **WXP 20**.

Postup k optimálnímu výběru vyměnitelné břitové destičky (VBD) pro frézování nástrojem T 09 :

KROK 1

■ **Zařazení obráběného materiálu do skupin:**






Materiálová skupina: **P**

Obráběcí skupina: **6**

KROK 2

■ **Podmínky obrábění:**

S ohledem na dobrý stav stroje a možnost kvalitního upnutí je zvolena stabilita **velmi dobrá**, vyložení je krátké (obr. 4.12).

Vyložení nástroje	Stabilita stroje, upnutí obrobku		
	velmi dobré	dobré	špatné
krátké vyložení			
dlouhé vyložení			

obr. 4.12 Podmínky obrábění

KROK 3

Volba nástroje:

Podle požadavků vlastní aplikace na obr. 4.13.

Na odpovídající stránce nástrojů volba frézy.

Způsob obrábění			
			
Rovinné frézování	Rohové frézování	Drážkovací frézování	Kopírovací frézování
viz strana 446	viz strana 512	viz strana 530	viz strana 578

obr. 4.13 Způsob obrábění

KROK 4**Řezné podmínky:**

Určeny podle technického dodatku na základě obráběného, obráběcího materiálu.

$a_e / D_c = 4 / 16 = 0,25$ což odpovídá řezné rychlosti 310m/min, posuvu 0,08 mm.

Korekční faktor **Ka_e** pro posuv na zub v závislosti na poměru hloubky drážky a_e k průměru frézy D_c je 1,1. Posuv na zub bude tedy 0,09 mm.

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_c \cdot \pi} = \frac{310 \cdot 1000}{16 \cdot \pi} = 6167 \text{ min}^{-1} \quad (1)$$

Otáčky jsou omezeny možnostmi stroje na 4700.

$$v_f = f_z \cdot Z \cdot n = 0,09 \cdot 2 \cdot 4700 = 846 \text{ mm/min} = 0,85 \text{ m/min} \quad (2)$$

tab. 4.3 Řezné podmínky navržené technologie výroby

pozice nástroje	typ materiálu nástroje	držák	VBD	f [mm]	ap [mm]	š [mm]	vc [m/min]	počet přísuvů	n [min ⁻¹]
T 01	WPP 10	PCLC L 2020 K12	CCMT 120408 – PM 5	0,16 – 0,40	0,6 - 5		376 - 290		
T 02	WPP 10	PDHC L 2020 K11	DCMT 11T304 – PS 5	0,08 – 0,25	0,4 - 2		408 - 341		
T 03	WAP 20	NCCE 25 – C400 L GT 16 – 2	GX 16 – 1E200 N020 – GD3	0,08 – 0,15		2	247 - 200		
T 04	WPP 10	A 12 M – SDUC L 07	DCMT 070204 – PS5	0,08 – 0,25	0,3 – 1,6		408 - 341		
T 05	WXP 20	S 16 M – NTS I L 16/20	NTS IL – 16 1.50 ISO				170	7	
T 06	RO			0,13			25		800
T 07	RO			0,17			24,1		550
T 08	RO			0,07			26,2		1670
T 09	WKP 25	SPMW 060304 T – A 27	F 2241.W.016.Z02.06	0,85			310		4700

4.6 Řezné podmínky

Z tabulky je vycházeno u zadávání řezných podmínek do NC programu pro nástroje T 05 až T 09. Zadávání řezných podmínek pro nástroje T 01, T 02 a T04 vychází z rádiusu VBD a požadavků na obrobenou plochu (obr. 4.6). Na tomto základě se určí posuv a od posuvu řezná rychlost pomocí rovnice regrese, která je znázorněna graficky na obr. 4.7. U nástroje T 03 je přímo zvolen posuv 0,13mm a jemu příslušná řezná rychlost 205m/min podle obr. 4.11.

5. Zpracování řídicího programu pro obrábění na CNC stroji

Vypracování řídicího programu:

Práce technologa-programátora při ručním sestavování řídicího programu pro CNC stroj se skládá z následujících činností:

1. Určit pracovní postup obrábění a z něho plynoucí počet s sled nástrojů a jejich umístění v revolverové nástrojové hlavě.
2. Určit nástroje a jejich seřizovací konstanty.
3. Určit optimální řezné podmínky.
4. Určit způsob upínání obrobku.
5. Sestavit hrubovací cykly pro zvolené nástroje.
6. Sestavit dokončovací cykly s ohledem na požadovanou drsnost a toleranci. Nezapomenout nechat přídávky na dobroušení apod.
7. Určit místa pro ruční nebo automatickou výměnu nástrojů (bod výměny nástroje).
8. Provést kontrolu možných kolizí nástrojů s obrobkem, upínačem nebo jinými částmi NC stroje při najíždění k obrobku, výměně nástroje nebo otáčení revolverové hlavy. Využít graficko-simulační možnosti programovacího systému už v průběhu přípravy NC programu.
9. Ověřit řídicí program na obráběcím stroji. [3]

Zhotovený program se ověřuje na stroji za přítomnosti programátora a obsluhy stroje. Spolu s programem se ověřuje vhodnost nástrojů, řezné podmínky a upnutí obrobku. Po ověření a opravách programátor zhotoví konečné provedení originálu řídicího programu a zajistí archivaci. Při opakované výrobě je možnost jednou vypracovaný program a uložený na některém nositeli informací kdykoliv využít. Je ovšem nutno dávat pozor na změny ve výkresové dokumentaci a ty promítat do NC programu. Obsluha stroje má možnost technologické podmínky – otáčky a posuv bez zásahu do programu ovlivnit. K tomuto účelu jsou na stroji ovládací prvky, pomocí kterých lze procentuálně od základního nastavení v programu měnit velikosti otáček a posuvů směrem k vyšším nebo nižším hodnotám (v určitém rozsahu). Na kvalitě programu závisí mimo jiné i kvalita obrobené součásti, výrobnost NC obráběcích strojů, a tím lze zajistit jejich plné časové využití a amortizaci vynaložených vysokých investičních nákladů na jejich pořízení. [3]

Průběh obrábění pístu:

Stejně jako je uvedeno ubírání materiálu jednotlivými nástroji na obr. 5.1 jsou zpracovávány i řídicí programy pro obrábění na CNC stroji, které jsou uvedeny jako příloha.

Postupný sled jednotlivých úkonů:

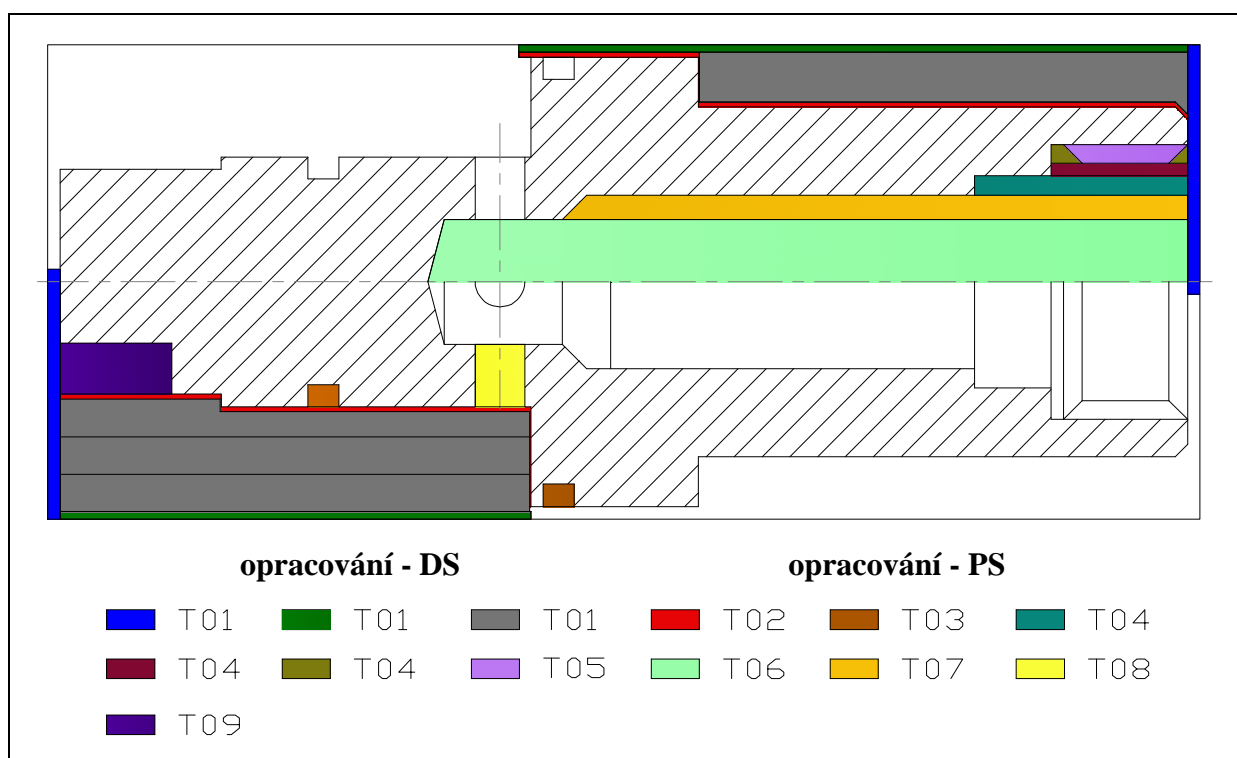
S ohledem na lepší upnutí již za obrobenou plochu bude nejprve opracována strana pístu s podélným otvorem (PS). Možnost silného utažení skličidla umožňuje využití maximální hloubky řezu při hrubování.

Programem: BAKALAŘSKA-PRÁCE-PS

Soustružení čelní plochy ■ T01, podélné soustružení zpevněné, případně zrezlé vrstvy ■ T01, podélné hrubování ■ T01, hlazení ■ T02, vrtání ■ T06 ■ T07, vnitřní soustružení ■ T04 ■ T04 ■ T04, soustružení závitu ■ T05.

Programem: BAKALAŘSKA-PRÁCE-DS

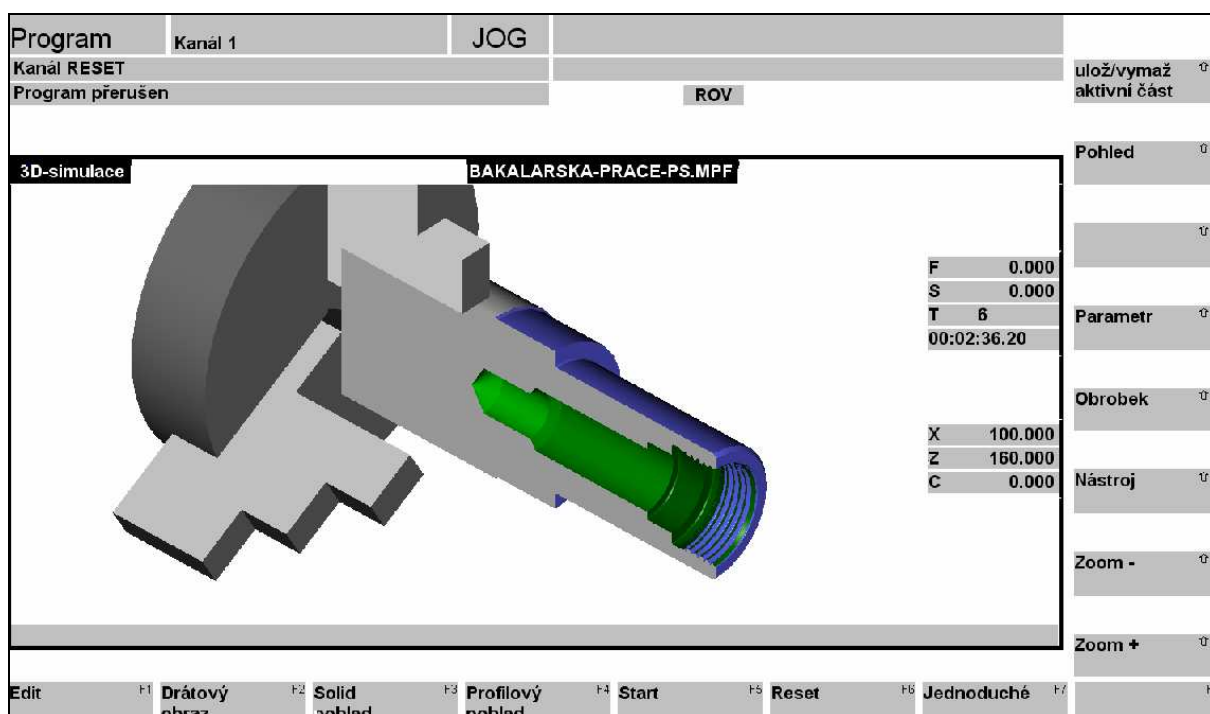
Soustružení čelní plochy ■ T01, podélné soustružení zpevněné, případně zrezlé vrstvy ■ T01, podélné hrubování ■ T01, hlazení ■ T02, zapichování ■ T03, vrtání ■ T08, frézování ■ T09.



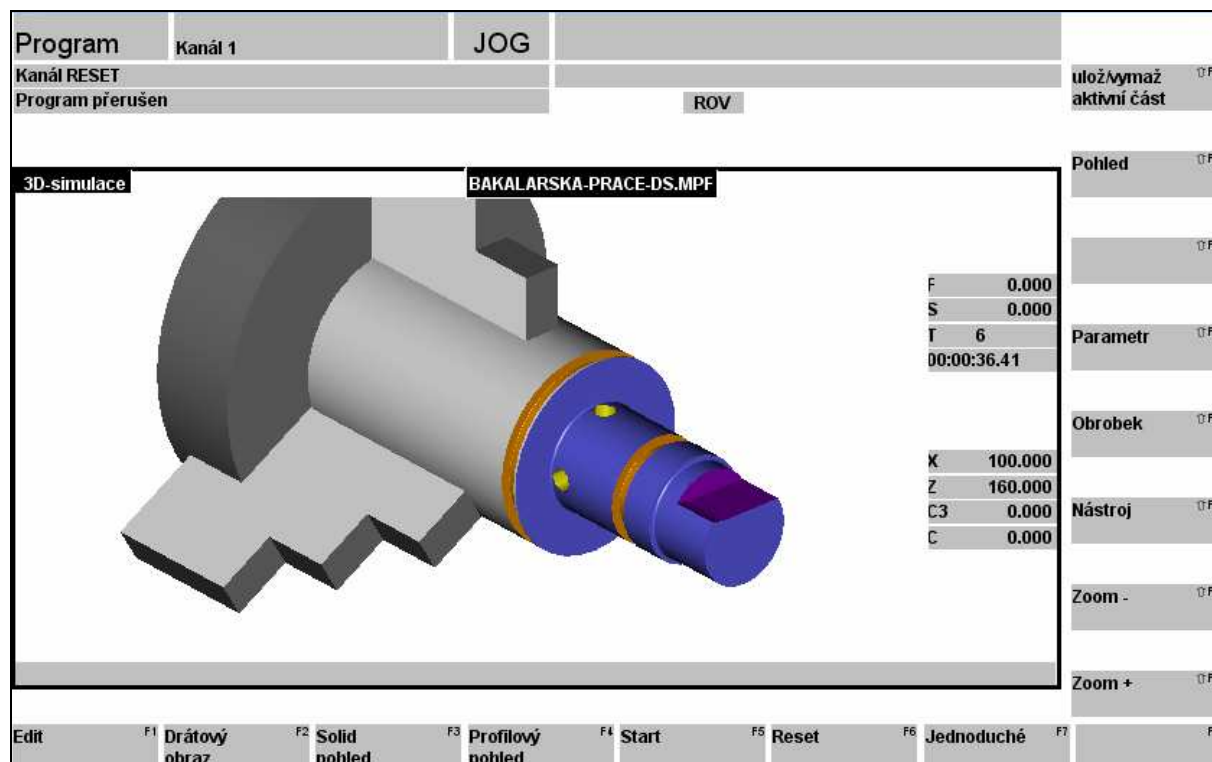
obr. 5.1 Zobrazení ubírání materiálu

Simulace obrábění

V současnosti máme k dispozici graficko – simulační NC programovací systémy umožňující už v průběhu přípravy NC programu odhalit zdroje možných kolizí v pracovním prostoru obráběcího stroje, a tak předejít škodám způsobených havárií. Za kolizi považujeme stav, při kterém může dojít k poškození nástroje, obrobku, nebo některé části stroje nebo k nechtěnému přerušení výroby. Příčinami vzniku kolize bývá nejčastěji chyba v NC programu – vynechání příkazu v NC větě, naprogramování nesprávné hodnoty souřadnice, opomenutí překážky při přejezdech nástrojů do nových poloh nebo chybně naprogramovaný technologický parametr, jako např. pracovní posuv, rychloposuv, řezná rychlost apod. Význam těchto simulačních prostředků značně narůstá při testování NC programu pro vícesuportové, víceřetenové a víceosé CNC obráběcí stroje, u kterých jsou nároky na prostorovou představivost a znalost interakcí pracovních prvků stroje podstatně vyšší jako při programování klasických NC strojů. [3]



obr. 5.2 3D simulace řídicího programu BAKALÁŘSKA-PRÁCE-PS v 1/2 řezu



obr. 5.3 simulace řídicího programu BAKALÁŘSKÁ-PRÁCE-DS

6. Technicko – ekonomické porovnání stávající a navržené technologie obrábění

6.1 Ekonomické uplatnění NC strojů ve výrobě

Účinky číslicově řízených strojů ve srovnání se stroji konvenčními se mohou projevit jak u vlastního podniku, tak i mimo něj. [7]

Mezi nejdůležitější účinky lze přitom zahrnout:

- Rychlou přizpůsobivost NC strojů při přechodu na jiný obrobek s možností slučování operací na jedno upnutí obrobku,
- přesné kapacitní plánování, které umožňuje vyšší využití směnového časového fondu, plynulé odvádění obrobku, přičemž je dodržena jejich stálá jakost tím, že ji neovlivňuje obsluha (kolísání výkonu apod.)
- možnost uplatnění vyšších forem řízení samočinným počítačem,
- zkrácení průběžné doby výroby a zmenšení rozpracované výroby,
- možnost použití uschovaného řídicího programu při opakované výrobě,
- zmenšení strojních časů použitím optimálních řezných podmínek,
- výrazné zvýšení produktivity práce při obvykle nižších požadavcích na kvalitu obsluhy,
- úspory na modelech a přípravcích,
- úspory kvalifikovaných pracovníků,
- možnost výroby složitých výrobků a jejich většího sortimentu,
- výrazné zkrácení doby pro zavádění nových výrobků. [7]

6.2 Oblast porovnávání

Porovnány jsou jen obráběcí operace u kterých došlo ke změnám oproti stávající výrobě. Porovnání je založeno na spotřebě času a cenových sazbách jednotlivých strojů.

6.3 Stanovení spotřeby časů

a) Jednicový čas t_{AC}

Hodnoty spotřeby jednicového času u stávající technologie (ST) výroby byly získány z technologického postupu (tab. 2.3). Spotřeba jednicového času pro navrhovanou technologii (NT) výroby byla získána pomocí programu firmy MS BOLD, který je vytvořen v excelu. Tento program slouží jako normativ. Uvedené časy v technologickém postupu jsou pronásobeny koeficienty směnového času pro NC stroje a jsou tedy konečné.

b) Dávkový čas t_{BC}

Zahrnuje přípravu na provedení operace.

6.4 Cenové sazby výroby

Podniková hodinová sazba platná pro rok 2009:

Soustruh GT 250A.....700 Kč/hod

Vrtačka VR4.....450 Kč/hod

Frézka FA 4V.....450 Kč/hod

Soustruh SP 180.....750 Kč/hod

Pro níže uvedené výpočty je nutno převést hodinové sazby výroby na minutové. Hodinová sazba se tedy podělí počtem minut v hodině.

Minutová sazba (MS):

Soustruh GT 250A.....11,67 Kč/min

Vrtačka VR4.....7,5 Kč/min

Frézka FA 4V.....7,5 Kč/min

Soustruh SP 180.....12,5 Kč /min

tab. 6.1 Tabulka shrnující jednicový čas, dávkový čas a hodinové sazby

typ	výrobní stroje	číslo operace	hodinová sazba [Kč]	stávající technologie		navrhovaná technologie	
				t _{AC} [min]	t _{BC} [min]	t _{AC} [min]	t _{BC} [min]
ST+NT	pásová pila	1.	-	2	5	2	5
ST	soustruh GT 250A	2. + 3.	700	1,8 + 3,5	70 + 70	-	-
	vrtáčka VR 4	4.	450	6	20	-	-
	frézka FA 4V	5.	450	2,5	20	-	-
NT	soustruh SP 180	2. + 3.	750	-	-	4,9 + 2	90 + 90
ST+NT	montér	6.(ST), 4.(NT)	-	0,5	-	0,5	-

6.5 Náklady na výrobu porovnávaných operací jednoho kusu

Spotřeba času k výrobě jednoho kusu:

Základní vzorec:

$$t_{VK} = \frac{t_{BC}}{DV} + t_{AC} \quad [\text{min}] \quad (3)$$

t_{VK}..... spotřeba času k výrobě jednoho kusu

DV.....výrobní dávka (stanovena na 300 ks)

Stávající technologie:

soustruh YCM 250GT

$$t_{VK(S)} = \frac{70 + 70}{300} + 1,8 + 3,5 = 5,77 \text{ min}$$

frézka FA 4V

$$t_{VK(F)} = \frac{20}{300} + 2,5 = 2,57 \text{ min}$$

vrtáčka VR4

$$t_{VK(V)} = \frac{20}{300} + 6 = 6,07 \text{ min}$$

Součet spotřeby času k výrobě jednoho kusu u stávající výroby:

$$t_{VK-ST} = t_{VK(S)} + t_{VK(F)} + t_{VK(V)} = \underline{14,4 \text{ min}}$$

t_{VK-ST}.... spotřeba času k výrobě jednoho kusu stávající technologie

Navrhovaná technologie:

Soustruh SP 180

$$t_{VK-NT} = \frac{90 + 90}{300} + 2 + 4,9 = \underline{7,47 \text{ min}}$$

t_{VK-NT}.... spotřeba času k výrobě jednoho kusu navrhované technologie

Náklady na výrobu jednoho kusu:Základní vzorec:

$$N_T = t_{VK} \cdot MS \quad [Kč] \quad (4)$$

 N_TNáklady na výrobu jednoho kusu

MS.....minutová sazba stroje

Stávající technologie:

Soustruh YCM 250GT

$$N_{T(S)} = 5,77 \cdot 11,67 = 67,3 \text{ Kč}$$

Frézka FA 4V

$$N_{T(F)} = 2,57 \cdot 7,5 = 19,28 \text{ Kč}$$

Vrtačka VR4

$$N_{T(V)} = 6,07 \cdot 7,5 = 45,5 \text{ Kč}$$

Náklady na výrobu jednoho kusu u
stávající výroby:

$$N_{T-ST} = N_{T(S)} + N_{T(F)} + N_{T(V)} = \underline{132 \text{ Kč}}$$

 N_{T-ST} Náklady na výrobu jednoho kusu
u stávající technologieNavrhovaná technologie:

Soustruh SP 180

$$N_{T-NT} = 7,47 \cdot 12,5 = \underline{93,4 \text{ Kč}}$$

 N_{T-NT} Náklady na výrobu jednoho kusu
u navrhované technologie**Úspora spotřeby času k výrobě jednoho kusu:**Základní vzorec:

$$U_{VK} = t_{VK-ST} - t_{VK-NT} \quad [\text{min}] \quad (5)$$

 U_{VK} úspora spotřeby času k výrobě jednoho kusu

Po dosazení do (5):

$$U_{VK} = 14,4 - 7,47 = \underline{6,93 \text{ min}}$$

Úspora spotřeby času na výrobu jednoho kusu je **6,93 min.****Úspora nákladu na výrobu jednoho kusu:**Základní vzorec:

$$U_N = N_{T-ST} - N_{T-NT} \quad [Kč] \quad (6)$$

 U_Núspora nákladu na výrobu jednoho kusu

Po dosazení do (6):

$$U_N = 132 - 93,4 = \underline{38,6 \text{ Kč}}$$

Úspora nákladu na výrobu jednoho kusu je **38,6 Kč.**

6.6 Náklady na výrobu porovnávaných operací výrobní dávky

Spotřeba času k výrobě výrobní dávky:

Základní vzorec:

$$t_{VD} = t_{VK} \cdot DV \quad [\text{min}] \quad (7)$$

t_{VD} spotřeba času k výrobě výrobní dávky

Stávající technologie:

$$t_{VD-ST} = 14,4 \cdot 300 = \underline{4320 \text{ min}}$$

t_{VD-ST} spotřeba času na výrobu výrobní dávky u stávající technologie

Navrhovaná technologie:

$$t_{VD-NT} = 7,47 \cdot 300 = \underline{2241 \text{ min}}$$

t_{VD-NT} spotřeba času na výrobu výrobní dávky navrhované technologie

Náklady na výrobu výrobní dávky:

Základní vzorec:

$$N_{VD} = N_T \cdot DV \quad [\text{Kč}] \quad (8)$$

N_{VD} Náklady na výrobu výrobní dávky

Stávající technologie:

$$N_{VD-ST} = 132 \cdot 300 = \underline{39\,600 \text{ Kč}}$$

N_{VD-ST} náklady na výrobu výrobní dávky u stávající technologie

Navrhovaná technologie:

$$N_{VD-NT} = 93,4 \cdot 300 = \underline{28\,012,5 \text{ Kč}}$$

N_{VD-NT} náklady na výrobu výrobní dávky navrhované technologie

Úspora spotřeby času k výrobě výrobní dávky:

Základní vzorec:

$$U_{VD} = t_{VD-ST} - t_{VD-NT} \quad [\text{min}] \quad (9)$$

U_{VD} úspora spotřeby času k výrobě výrobní dávky

Po dosazení do (9):

$$U_{VD} = 4320 - 2241 = \underline{2079 \text{ min}}$$

Úspora spotřeby času na výrobní dávku je **2079 min.**

Úspora nákladu na výrobu výrobní dávky:

Základní vzorec:

$$U_{NVD} = N_{VD-ST} - N_{VD-NT} \quad [\text{Kč}] \quad (10)$$

U_{NVD}úspora nákladu na výrobu výrobní dávky

Po dosazení do (10):

$$U_{NVD} = 39\,600 - 28\,012,5 = \underline{11\,587,5 \text{ Kč}}$$

Úspora nákladu na výrobní dávku je **11 588 Kč**.

6.7 Náklady na výrobu porovnávaných operací roční výroby

Spotřeba času k roční výrobě:

Základní vzorec:

$$t_{RV} = t_{VD} \cdot PD \quad [\text{min}] \quad (11)$$

t_{RV} spotřeba času k roční výrobě

PDpočet výrobních dávek za rok

Stávající technologie:

$$t_{RV-ST} = 4320 \cdot 6 = \underline{25\,920 \text{ min}}$$

t_{RV-ST} spotřeba času k roční výrobě u stávající technologie

Navrhovaná technologie:

$$t_{RV-NT} = 2241 \cdot 6 = \underline{13\,446 \text{ min}}$$

t_{RV-NT} spotřeba času k roční výrobě u navrhované technologie

Náklady na roční výrobu:

Základní vzorec:

$$N_{RV} = N_{VD} \cdot PD \quad [\text{Kč}] \quad (12)$$

N_{RV} Náklady na roční výrobu

Stávající technologie:

$$N_{RV-ST} = 39\,600 \cdot 6 = \underline{237\,600 \text{ Kč}}$$

N_{RV-ST} náklady na roční výrobu u stávající technologie

Navrhovaná technologie:

$$N_{RV-NT} = 28\,012,5 \cdot 6 = \underline{168\,075 \text{ Kč}}$$

N_{RV-NT} náklady na roční výrobu u navrhované technologie

Úspora spotřeby času k roční výrobě:

Základní vzorec:

$$U_{RV} = t_{RV-ST} - t_{RV-NT} \quad [\text{min}] \quad (13)$$

U_{RV} úspora spotřeby času na roční výrobu

Po dosazení do (13):

$$U_{RV} = 25\,920 - 13\,446 = \underline{12\,474 \text{ min}}$$

Úspora spotřeby času na roční výrobu je **12 474 min**.

Úspora nákladu na roční výrobu:Základní vzorec:

$$U_{NR} = N_{RV-ST} - N_{RV-NT} \text{ [Kč]} \quad (14)$$

 U_{NR}úspora nákladu na roční výrobu

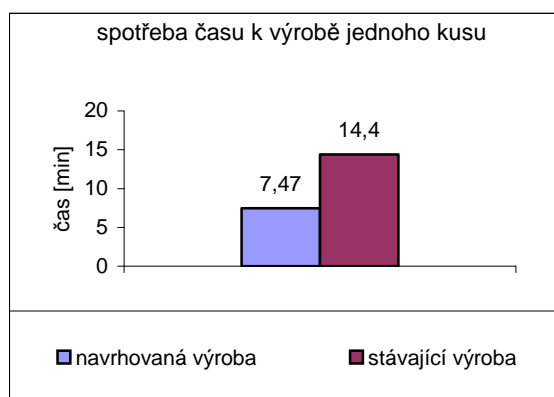
Po dosazení do (14):

$$U_{NR} = 237\,600 - 168\,075 = \underline{\underline{69\,525 \text{ Kč}}}$$

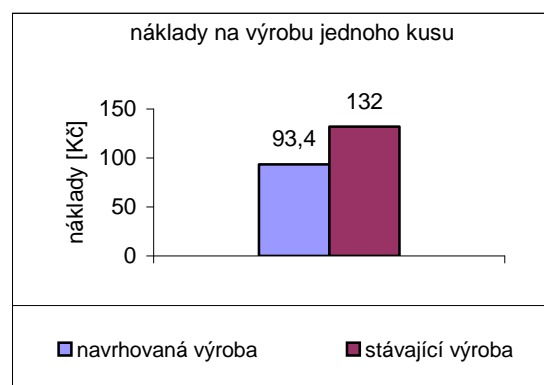
Úspora nákladu na roční výrobu je **69 525 Kč**.

6.8 Grafické porovnání stávající a navržené technologie obrábění

Grafické zobrazení porovnávaných operací jednoho kusu

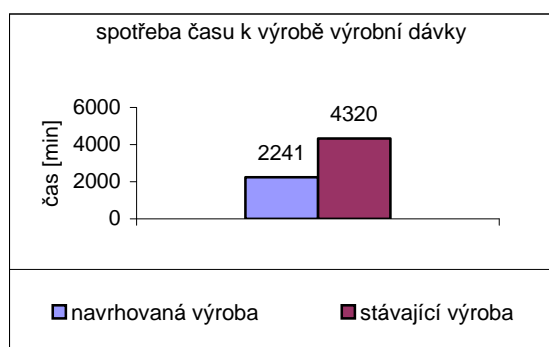


obr. 6.1 spotřeba času k výrobě jednoho kusu

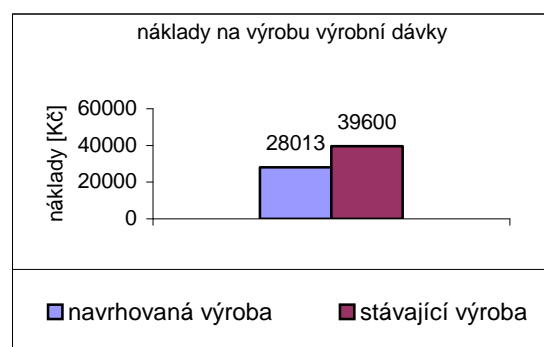


obr. 6.2 náklady na výrobu jednoho kusu

Grafické zobrazení porovnávaných operací výrobní dávky

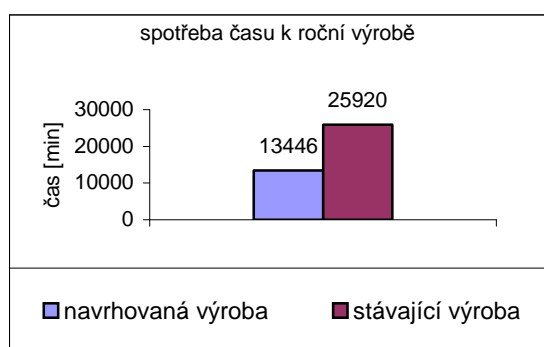


obr. 6.3 spotřeba času k výrobě výrobní dávky

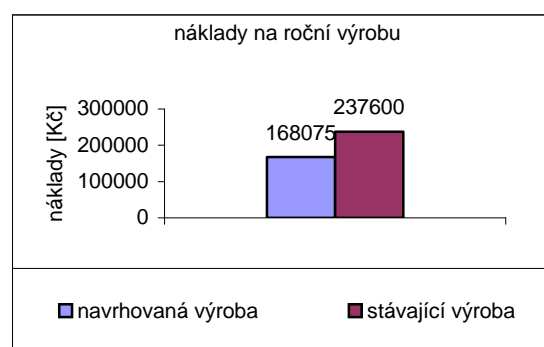


obr. 6.4 náklady na výrobu výrobní dávky

Grafické zobrazení porovnávaných operací roční výroby



obr. 6.5 spotřeba času k roční výrobě



obr. 6.6 náklady na roční výrobu

7. Závěr

Bakalářská práce je zaměřena na vylepšení technologie obrábění součásti – pístu. Stávající výroba je nastavena na provedení operací soustružení, vrtání a frézování jednoúčelovými stroji. U výroby je nežádoucí závislost jednotlivých operací. Vzniklé problémy se ve výrobě přenášejí na navazující operace a tím vznikají časové ztráty. Čas výroby je dlouhý a nákladný. Výroba je náročná na přesnost a ustavování při operacích vrtání otvorů po obvodě součásti a frézování plošky. Na vylepšení technologie obrábění je výhodné použít soustružnické obráběcí centrum. Firma MS BOLD před nedávnem zakoupila soustružnické obráběcí centrum SP 180, které je vhodné pro výrobu tohoto pístu. Soustružnické obráběcí centrum je vybaveno rotační C osou a umožňuje díky svým možnostem sloučení operací soustružení, vrtání otvoru a frézování plošky na jedno upnutí. Podle navrhované technologie se obrábí nařezaný polotovár na dvě upnutí. Polohování vřetena zaručuje přesné rozmístění prvků, které součást obsahuje. U navrhované výroby ubylo oproti stávající výrobě mnoho manuální práce, což má příznivý vliv na kolísání výkonu práce. Soustruh SP 180 je opatřen řídicím systémem SINUMERIK 840D. Z důvodu dostupnosti byla k vypracování programu použita demo verze softwaru napodobující originální SINUMERIK 840D. Formát programu a editor odpovídá originálnímu systému NC obráběcího stroje.

Technicko – ekonomické porovnání je zaměřeno na obráběcí operace u kterých došlo ke změnám oproti stávající výrobě. Výsledkem porovnání je snížení výrobních časů o 48,1 % a snížení výrobních nákladů o 29,3 %. Navrhovaná technologie výroby je z technického i ekonomického hlediska vhodná k nahrazení technologie výroby stávající.

Děkuji Ing. Jaromírovi Adamcovi, Ph.D., z katedry obrábění a montáže VŠB – TU Ostrava za cenné a podnětné rady a připomínky při vypracovávání bakalářské práce.

Použitá literatura

- [1] ADAMEC, Jaromír. *Programování CNC systému SINUMERIK 810D/840D – Frézování*. 1. vyd. Ostrava: ES VŠB – TU, 2006. 148 s. ISBN 80 – 248 – 1136 – 7.
- [2] JENDEČKA, Karel; ČESÁNEK, Jiří; KOŽMÍN, Pavel. *Programování NC strojů*. 1. vyd. Plzeň: Tiskové středisko ZČU, 2000. 159 s. ISBN 80 – 7082 – 692 – 4.
- [3] ADAMEC, Jaromír; SMOLKOVÁ, Hana. *Příklady programů pro číslicově řízené obráběcí stroje*. 1. vyd. Ostrava: : ES VŠB – TU, 2004, 72 s. ISBN 80 –248 – 0250 – 3.
- [4] MRKVICA, Ivan. *Návody ke cvičení z obráběcích strojů 1. část*. 2. vyd. Ostrava: ES VŠB – TU, 2006, 148 s. ISBN 80 – 248 – 1053 – 0.
- [5] MRKVICA, Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje I. díl*. 3. vyd. Ostrava: ES VŠB – TU, 2006, 192 s. ISBN 80 – 7078 – 941 – 7.
- [6] VIGNER, Miloslav; ZELENKA, Antonín; KRÁL, Mirko. *Metodika projektování výrobních procesů*. Praha 1: SNTL, 1984, 592 s.
- [7] VLACH, Bohumil. *Technologie obrábění na číslicově řízených strojích*. Praha: SNTL, 1978. Bratislava: ALFA, 1978. 344 s.
- [8] KOLEKTIV AUTORŮ. *Oceli – Výrobní program, II. Díl – Vlastnosti a použití. Svazek 4*. Praha: Generální ředitelství hutnictví železa EVUH, 1980.
- [9] *Souhrnný katalog WALTER*. Vytiskeno v SNR, 06/2007. 823 s.
- [10] LAINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 4. vyd. Praha 6: ALBRA, 2008. 913 s. ISBN 978 – 80 – 7361 – 051 – 7.

Elektronické zdroje

- [11] MS Bolt, a.s. [online]. [citováno 12. března 2009]. Dostupné z: <http://www.msbolt.cz/>
- [12] Kovošvit MAS, a.s. [online]. [citováno 27. března 2009] Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/>
- [13] Siemens, s.r.o. [online]. [citováno 27. března 2009] Dostupné z: <http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=0788019ba8&ctxp=home>
- [14] KRATOCHVÍL, Jiří. [online]. [citováno 18. dubna 2009]. Dostupné z: <http://home1.vsb.cz/~kra49/bakSem.html>

Seznam příloh

Příloha č.1 – Řídící programy pro obrábění na CNC stroji

Příloha č.2 – Výrobní výkres pístu